

УДК 504.054

СНИЖЕНИЕ ЭМИССИИ NO_x ПОСРЕДСТВОМ СЕЛЕКТИВНОГО НЕКАТАЛИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Давыдова А.А.

научный руководитель Криворучко В.В.

Сибирский Федеральный Университет

В современном мире проблемы экологии имеют первостепенное значение. Состояние окружающей среды оказывает непосредственное влияние на медико-демографические показатели населения городов, на потенциальные возможности развития экономики страны и, в свою очередь, зависит от степени развития производительных сил и научно-технического прогресса.

Человек загрязняет атмосферу тысячелетиями. Однако наибольшее загрязнение атмосферы началось с началом работы промышленных предприятий, таких как ТЭЦ, ТЭС, АЭС и других. Сейчас в крупных городах доля вредных веществ от ТЭЦ достигает 43 % от общего количества загрязнения воздушного бассейна.

На данный момент серьёзную опасность для экологической ситуации представляют выбросы вредных веществ, таких как оксиды азота (NO_x), углерода, серы, ароматических углеводородов и прочих.

Оксиды азота вносят свой вклад в болезни дыхательных путей и повреждение лёгких, а также способствуют появлению астмы и других дыхательных проблем. Выбросы оксидов азота приводят к потерям озона в приземном слое атмосферы. Соединения NO_x с атмосферной влагой приводит к кислотным дождям. Азотная кислота этих дождей превращает соли, находящиеся в почве в нитраты, которые усваиваются растениями.

Активными источниками воздействия на окружающую среду становятся энергетические котлы систем теплоснабжения городов. Источниками выбросов оксидов азота являются преимущественно горение, термогазодинамические процессы в технологических печах и устройствах сжигания твердых, жидких и газообразных топлив.

По этим причинам следует уделять особое внимание механизмам образования NO_x при сжигании углеводородных топлив в энергетических установках, искать пути снижения величины выбросов с уходящими газами.

Количество образующихся оксидов азота зависит от характеристик топлива, режимных и конструктивных параметров топочной камеры. Поэтому на стадии проектирования или реконструкции котлов проводят расчет ожидаемых выбросов оксидов азота и предусматривают меры по снижению их до величин, не превышающих нормативы удельных выбросов NO в атмосферу.

Эти нормативы устанавливаются законодательством, регулирующим предельно допустимые выбросы различных загрязнителей и качество окружающего воздуха. Главные положения этого законодательства для крупных углесжигающих промышленных котлов заключается в следующем. С 2016 года эмиссия NO_x будет ограничена значением 200 мг/м³ для всех ТЭС. Сейчас ограничения составляют 500 мг/м³. Они оказывают существенное влияние на работу ТЭС, так как для им приходится организовывать процесс сжигания органического топлива таким образом, чтобы в широком диапазоне режимных параметров уходящие газы имели малую токсичность.

Первичные методы снижения NO_x в котлах, сжигающих уголь, предусматривают использование различных технологий, таких как малотоксичные горелки, ступенчатый ввод воздуха, рециркуляция уходящих газов и другие. Вторичные же методы представлены селективными восстановителями до молекулярного азота – каталитическими и некаталитическими. В странах Европы, в США и Японии данные системы на крупных угольных блоках применяются довольно часто. По мере ужесточения нормативов выбросов NO_x и снижения стои-

мости подобных систем они могут оказаться конкурентноспособными по сравнению с реконструкцией системы горения в целях снижения образования NO_x .

До настоящего момента система была успешно реализована на газомазутных и угольных котлах. По технологии СНКВ в мире эксплуатируется более 20 установок в Западной Европе, свыше 100 в США и 2 установки в России на Тольяттинской ТЭЦ (котлы ТП-87).

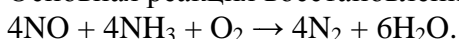
Селективные некаталитические восстановители (СНКВ) являются более простым методом, так как их сооружение обходится не дороже горелок, а эффективность достаточно высока – выбросы NO_x снижаются на 40-60%. Причем только этот метод может быть практически использован на действующих котлах.

В основе данных способов лежит ввод аммиака, мочевины или другого подобного соединения на основе амина, который реагирует с NO_x в присутствии кислорода и разлагает его, образуя азот и воду.

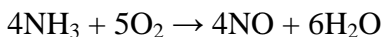
Восстановление протекает при высоких температурах ($850-1100^\circ\text{C}$), которые зависят от вида используемого реагента, поэтому аммиак (аммиачную воду, карбамид) вводят в конвективный газоход с газами рециркуляции, сжатым воздухом или паром.

Посредством данной очистки газообразных продуктов сгорания от окислов азота происходит некаталитическое селективное восстановление NO_x , включающее получение аммиака из аммиачной воды путём её испарения греющим паром и ввод образующейся смеси аммиака с паром в поток очищаемых газообразных продуктов сгорания.

Основная реакция восстановления оксида азота имеет вид



При достижении нижней границы температурного окна скорость реакции существенно снижается, а при достижении верхней границы начинает доминировать нежелательная реакция окисления аммиака:

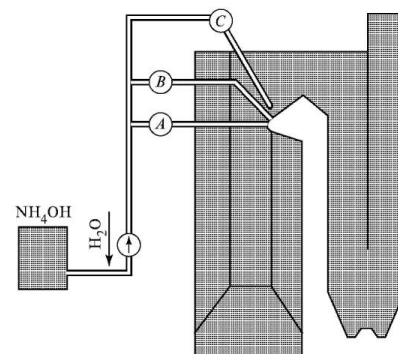
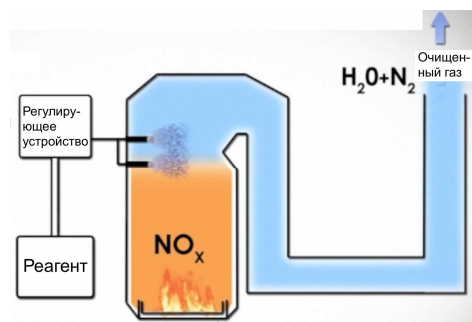


Возникает проскок аммиака из-за ограниченного "температурного окна". Если реагент будет введен в область с низкой температурой, то, во-первых, неизбежно уменьшение эффективности процесса, во-вторых, не вступивший во взаимодействие реагент будет выбрасываться вместе с дымовыми газами. Если произвести впрыск в область с высокой температурой, то реагент начнёт взаимодействовать с O_2 с образованием NO_x .

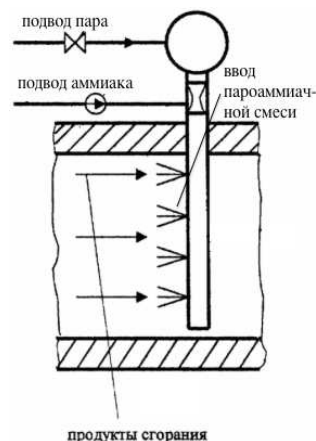
Трудность реализации этого метода заключается в том, что в любом выбранном разработчиками сечении газового тракта имеется диапазон температур. При средней температуре газов, находящихся даже в центре температурного диапазона, имеются зоны, в которых температуры газов выходят за границы этого диапазона. Если к этому добавить еще и переменную нагрузку котла, а также неравномерность концентраций NO по сечению газохода, то становится понятно, насколько сложным оказывается поддержание оптимального соотношения NH_3/NO в выбранном сечении газохода.

Для того чтобы система СНКВ стабильно работала во всем диапазоне нагрузок необходимо большее число точек ввода реагента, через которые он будет подаваться в зависимости от перемещения температурного окна. Управление работой системы может быть автоматизировано и с помощью ЭВМ связано с системой регулирования котла и системой измерения концентрации окислов азота в дымовых газах.

Для реализации метода СНКВ требуется, во-первых, соорудить установку для приема, хранения, охлаждения и испарения реагента и, во-вторых, смонтировать в котле собственно установку СНКВ для инъекции реагента и его последующего взаимодействия с оксидами азота до получения молекулярного азота и паров воды.



Установка СНКВ представляет собой устройство в газоходе котла, содержащее установленные в поперечном сечении газохода раздающие трубы с выходными отверстиями, подключенные к источникам греющего пара и аммиачной воды через общий для всех раздающих труб смеситель. Благодаря равномерному распределению аммиака по сечению газохода и смешению его с продуктами сгорания в зоне оптимальных температура обеспечивается эффективное снижение концентрации окислов азота.



Эффективность метода во многом зависит от равномерности распределения аммиака или аммиачной воды по сечению газохода. Оно обеспечивается встречной направленностью пароаммиачных струй по отношению к потоку продуктов сгорания и выбором оптимального шага между раздающими трубами и между отверстиями по длине труб.

Обычно метод СНКВ используется как добавка к уже реализованным первичным методам. Успешными примерами внедрения данной технологии являются Тольяттинская ТЭЦ, Каширская ГРЭС, Кировская ТЭЦ, Змиевская ГРЭС.

Стоимость внедрения установки зависит от размеров котла и его особенностей и колеблется в пределах от 3-4 до 10 тыс. долларов на 1 т выбросов NO_x . Это значительно ниже, чем при использовании технологии СКВ.

По общедоступным данным чтобы не усугубить экологическую ситуацию по сравнению с 2000 г. необходимо уменьшить ежегодные валовые выбросы NO_x на 713-777 тыс.т. При достижении на всех российских ТЭС удельных выбросов NO_x , принятых в развитых странах, с помощью распространенного в них способа СКВ, выбросы оксидов азота сократятся на 1040-1140 тыс. т, что позволит оздоровить экологическую ситуацию в нашей стране.

Инвестиции же на внедрение технологии СНКВ с эффективностью, обеспечивающей достижение жестких нормативных выбросов оксидов азота, не превысят 6-16\$/кВт, что в 8-4 раза ниже, чем при использовании СКВ-установок.

Список использованных источников

1. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: Учеб. пособие / А.И.Абрамов, Д.П.Елизаров, А.Н.Ремезов и др; Под ред. А.С.Седлова. – М.:Издательство МЭИ, 2001. – 378 с., ил.
2. Патент РФ 2103607, 6 F 23 J 15/00, 1996.
3. Охрана воздушного бассейна от вредных технологических и вентиляционных выбросов - учебное пособие Лебедева Е.А. – Нижний Новгород, ННГАСУ, 2009. – 196 с.
4. Современные природоохранные технологии в электроэнергетике: Информационный сборник / В.В. Абрамов и др.; под общей ред. В.Я. Путилова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 388 с.: ил.
5. SNCR Process -Best Available Technology for NO_x Reduction in Waste To Energy Plants / Mehldau & Steinfath Umwelttechnik GmbH
6. Энергетика за рубежом / НТФ "Энергопрогресс", "Энергетик", 2000 г.